



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 14 652 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 198 14 652.3
㉑ Anmeldetag: 1. 4. 98
㉒ Offenlegungstag: 7. 10. 99

⑤① Int. Cl.⁶:
H 01 L 31/048
H 01 L 31/0232
B 32 B 27/30
B 32 B 27/32
B 32 B 27/36

DE 198 14 652 A 1

⑦① Anmelder:
Bayer AG, 51373 Leverkusen, DE

⑦② Erfinder:
Zander, Klaus, Dr. Dipl.-Chem., 45478 Mülheim, DE;
Braun, Hans, Dipl.-Ing., 41515 Grevenbroich, DE;
Fugger, Ulrich, Dipl.-Ing., 51570 Windeck, DE;
Schlegel, Lothar, Dipl.-Ing., 01219 Dresden, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
EP 07 69 818 A2
EP 06 81 335 A1
EP 06 29 004 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Photovoltaik-Module mit Verbundfolien

⑤⑦ Die vorliegende Erfindung beschreibt Photovoltaik-Module, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine oder mehrere Schichten, bestehend aus einer mehrschichtigen Verbundfolie, die mindestens eine Schicht aus Polycarbonat und mindestens eine Schicht aus einem fluorhaltigen Polymeren enthält, enthalten, sowie deren Verwendung.

DE 198 14 652 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft Photovoltaik-Module, die eine oder mehrere Schichten aus einer mehrschichtigen Verbundfolie enthalten sowie deren Verwendung zur stationären und mobilen Stromerzeugung.

- 5 Für starre Photovoltaik-Module wird fast ausschließlich Glas als Abdeckung eingesetzt. Abdeckungen aus Glas sind gekennzeichnet durch geringe mechanische Belastbarkeit.

Abdeckungen aus transparenten Kunststoffen anstelle von Glas sind bekannt. Sie bestehen überwiegend aus Polycarbonatplatten. Sie werden eingesetzt, wenn eine höhere mechanische Belastbarkeit benötigt wird, wie dies zum Beispiel auf Segelschiffen der Fall ist. Hier werden die Module in den Deckaufbauten eingesetzt, so daß z. B. nicht auszuschließen ist, daß die Module betreten werden. Module mit Polycarbonat als Abdeckung haben den Nachteil, daß sie nur wenig witterungsbeständig sind. Außerdem sind sie wasserdampfdurchlässig, so daß die Photovoltaik-Module korrodieren können. Dies führt dazu, daß diese Module nach kurzer Zeit ausgewechselt werden müssen.

Es ist bereits bekannt, in leichten und flexiblen Photovoltaik-Modulen Folien aus Fluorpolymeren als lichtdurchlässige Abdeckfolie einzusetzen. Hierbei werden sowohl reine Fluorpolymere, wie z. B. Polyvinylfluorid (PVF), als auch modifizierte Fluorpolymere, wie Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymere (ETFE), eingesetzt. Als Folien für den genannten Zweck werden z. B. Tedlar® oder Tefzel®, beides Handelsprodukte der Firma Du Pont, eingesetzt.

Dreischichtfolien mit dem Schichtaufbau Polyvinylfluorid/Polyester/Polyvinylfluorid werden ebenfalls als Rückseitenfolien für Photovoltaik-Module eingesetzt. Ein Beispiel hierfür ist Icosolar®, ein Handelsprodukt der Fa. Isovolta.

Photovoltaik-Module mit Abdeckungen aus Fluorpolymerfolien sind nur wenig mechanisch belastbar. Die Fluorpolymerfolien sind schlecht bedruckbar.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Photovoltaik-Module mit verbesserten Eigenschaften zur Verfügung zu stellen. In erster Linie soll im Vergleich zu Photovoltaik-Modulen mit Abdeckungen aus Fluorpolymeren die Bedruckbarkeit verbessert werden. Darüber hinaus soll die mechanische Belastbarkeit verbessert werden. Im Vergleich zu Photovoltaik-Modulen mit Glasabdeckungen soll Gewicht eingespart werden und die Bruchsicherheit erhöht werden. Im Vergleich zu Photovoltaik-Modulen mit Polycarbonat als Abdeckung soll die Witterungsbeständigkeit, Wasserdampfdurchlässigkeit und Kratzfestigkeit verbessert werden. Die geringe Einsatztemperaturbeständigkeit von Photovoltaik-Modulen mit Fluorpolymeren als Abdeckung soll erhöht werden.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird gelöst durch Photovoltaik-Module, die dadurch gekennzeichnet sind, daß sie eine oder mehrere Schichten bestehend aus einer mehrschichtigen Verbundfolie, die mindestens eine Schicht aus Polycarbonat und mindestens eine Schicht aus einem fluorhaltigen Polymeren enthält, enthalten.

Die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module haben zahlreiche Vorteile.

Photovoltaik-Module auf Basis von Polycarbonat/Fluorpolymer-Verbundfolien zeigen eine verbesserte mechanische Belastbarkeit bei niedrigem Gewicht. Das geringe Gewicht ist besonders vorteilhaft für die Verwendung der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module zur mobilen Stromerzeugung. Im Vergleich zu Polycarbonat-Abdeckungen besitzen sie eine verbesserte Witterungsbeständigkeit und Wasserdampfdurchlässigkeit. Die Kratzfestigkeit ist hoch.

Zusätzlich kann aufgrund einer immer mehr geforderten architektonischen Designfreiheit die Anforderung nach guter Bedruckbarkeit der Deckschicht oder erforderlichenfalls auch tieferliegender Schichten erfüllt werden. Weiterhin können derartige Module unter Praxisbedingungen höheren Temperaturen ausgesetzt werden als Photovoltaik-Module mit Fluorpolymer-Schichten.

Die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module enthalten mindestens eine Schicht bestehend aus einer mehrschichtigen Verbundfolie, die mindestens eine Schicht aus Polycarbonat und mindestens eine Schicht aus einem fluorhaltigen Polymer enthält. Außerdem enthalten sie mindestens eine Schicht, bestehend aus einer oder mehreren Solarzellen. Die Solarzellen können parallel oder in Reihe geschaltet sein.

Bevorzugt sind die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module aus mehreren Schichten aufgebaut, wobei die oberste, dem Licht zugewandte Schicht aus einer Verbundfolie, die mindestens eine Schicht aus Polycarbonat und mindestens eine Schicht aus einem fluorhaltigen Polymeren enthält, besteht.

Die Solarzellen der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module bestehen aus anorganischen und/oder organischen photosensitiven Materialien, z. B. monokristallinem Silicium, polykristallinem Silicium oder amorphem Silicium oder Kupfer-Indium-Selenid oder Cadmiumtellurid oder organischen Farbstoffen oder Graetzel-Zellen. Bevorzugt basieren die Solarzellen auf Silicium.

Die erfindungsgemäßen Polycarbonat-Fluorpolymer-Verbundfolien können aus zwei oder mehr Schichten bestehen.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Polycarbonat-Fluorpolymer-Verbundfolien ist der zweischichtige Aufbau aus einer Schicht Polycarbonat und einer Schicht Fluorpolymer. Zwischen den beiden Schichten kann eine Haftvermittlerschicht liegen. Zusätzlich können weitere Additive wie z. B. UV-Absorber in den Schichten enthalten sein.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Polycarbonat-Fluorpolymer-Verbundfolien ist ein Dreischichtsystem aus einer Schicht Fluorpolymer, einer Schicht Polycarbonat und einer Schicht Ethylen-Vinylacetat-Copolymer.

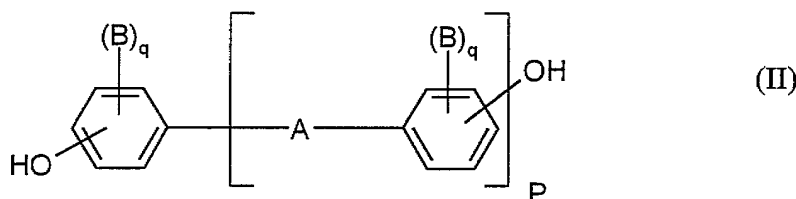
Zwischen den genannten Schichten können Haftvermittlerschichten liegen. Zusätzlich können weitere Additive wie z. B. UV-Absorber in den Schichten enthalten sein. Dieser Schichtaufbau ist besonders vorteilhaft zur Herstellung der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module, da die Solarzellen in die Ethylen-Vinylacetat-Copolymer-Schicht einlaminiert werden können, ohne daß eine separate Folie aus Ethylen-Vinylacetat-Copolymer eingesetzt werden muß.

Die erfindungsgemäßen Polycarbonat-Fluorpolymer-Verbundfolien können z. B. durch Extrusion, Coextrusion oder Kaschieren hergestellt werden. Sie können durch Plasmaabscheidung, z. B. CVD (chemical vapour deposition), Sputtern, Aufdampfen, Ionenstrahlunterstütztes Abscheiden, Lackieren usw. oberflächenvergütet werden.

Die erfindungsgemäßen Polycarbonat-Fluorpolymer-Verbundfolien können Dicken von 5 µm bis zu 1000 µm aufweisen. Bevorzugt ist eine Dicke von 100 µm bis 1000 µm. Besonders bevorzugt ist eine Dicke von 200 µm bis 600 µm. Das Gewichtsverhältnis Polycarbonat/Fluorpolymer kann von 1000 : 1 bis 1 : 1000 betragen. Bevorzugt beträgt dieses Ver-

hältnis 100 : 1 bis 1 : 100. Besonders bevorzugt beträgt es 20 : 1 bis 1 : 20.

Die in den Polycarbonat-Fluorpolymer-Verbundfolien eingesetzten Polycarbonate sind solche auf Basis der Diphenole der Formel (II)



worin

A eine Einfachbindung C₁-C₅-Alkylen, C₂-C₅-Alkyliden, C₅-C₆-Cycloalkyliden,

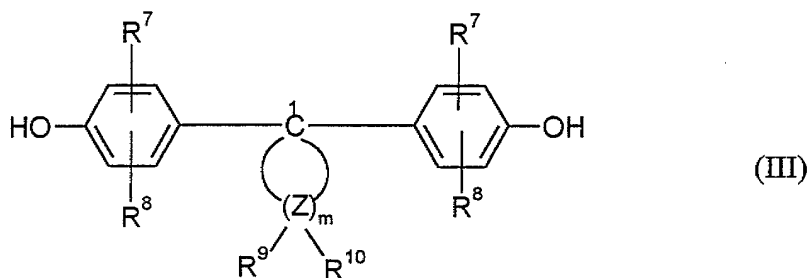
-S- oder -SO₂-,

B Chlor, Brom,

q 0, 1 oder 2 und

p 1 oder 0 sind,

oder alkylsubstituierte Dihydroxyphenylcycloalkane der Formel (III),



worin

R⁷ und R⁸ unabhängig voneinander, jeweils Wasserstoff, Halogen, bevorzugt Chlor oder Brom, C₁-C₈-Alkyl, C₅-C₆-Cycloalkyl, C₆-C₁₀-Aryl, bevorzugt Phenyl, und C₇-C₁₂-Aralkyl, bevorzugt Phenyl-C₁-C₄-Alkyl, insbesondere Benzyl, m eine ganze Zahl von 4, 5, 6 oder 7, bevorzugt 4 oder 5,

R⁹ und R¹⁰ für jedes Z individuell wählbar, unabhängig voneinander Wasserstoff oder C₁-C₆-Alkyl,

und

Z Kohlenstoff bedeutet, mit der Maßgabe, daß an mindestens einem Atom Z R⁹ und R¹⁰ gleichzeitig Alkyl bedeuten.

Geeignete Diphenole der Formel (II) sind z. B. Hydrochinon, Resorcin, 4,4'-Dihydroxydiphenyl, 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan (d. h. Bisphenol A), 2,4-Bis-(4-hydroxyphenyl)-2-methylbutan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexan, 2,2-Bis-(3-chlor-4-hydroxyphenyl)-propan, 2,2-Bis-(3,5-dibrom-4-hydroxyphenyl)-propan.

Bevorzugte Diphenole der Formel (II) sind 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan, 2,2-Bis-(3,5-dichlor-4-hydroxyphenyl)-propan und 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexan.

Bevorzugte Diphenole der Formel (III) sind 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3-dimethylcyclohexan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan und 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-2,4,4-trimethyl-cyclopentan.

Erfindungsgemäß geeignete Polycarbonate sind sowohl Homopolycarbonate als auch Copolycarbonate. Auch eine Mischung der vorstehend definierten thermoplastischen Polycarbonate ist geeignet.

Polycarbonate können in bekannter Weise aus Diphenolen mit Phosgen nach den Phasengrenzflächenverfahren oder mit Phosgen nach dem Verfahren in homogener Phase, dem sogenannten Pyridinverfahren oder nach dem Schmelzesterungsverfahren aus Diphenolen und Kohlensäureestern, hergestellt werden, wobei das Molekulargewicht in bekannter Weise durch eine entsprechende Menge an bekannten Kettenabbrechern eingestellt werden kann. Diese Herstellverfahren sind z. B. beschrieben in H. Schnell, "Chemistry and Physics of Polycarbonates", Polymer Reviews, Band 9, S. 31-76 Interscience Publishers, 1964.

Geeignete Kettenabbrecher sind z. B. Phenol, p-Chlorphenol, p-tert.-Butylphenol oder 2,4,6-Tribromphenol, aber auch langkettige Alkylphenole, wie 4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)-phenol oder Monoalkylphenol bzw. Dialkylphenol mit insgesamt 8 bis 20 C-Atomen in den Alkylsubstituenten wie z. B. 3,5-di-tert.-Butylphenol, p-iso-Octylphenol, p-tert.-Octylphenol, p-Dodecylphenol und 2-(3,5-Dimethyl-heptyl)-phenol und 4-(3,5-Dimethyl-heptyl)-phenol.

Die Menge an Kettenabbrechern beträgt im allgemeinen zwischen 0,5 und 10 Mol-%, bezogen auf die Summe der jeweils eingesetzten Diphenole der Formeln (II) und/oder (III).

Die erfindungsgemäß geeigneten Polycarbonate haben mittlere Molekulargewichte (\bar{M}_w), Gewichtsmittel, gemessen z. B. durch Ultrazentrifugation oder Streulichtmessung) von 10 000 bis 200 000, vorzugsweise 18 000 bis 80 000.

Die erfindungsgemäß geeigneten Polycarbonate können in bekannter Weise verzweigt sein, und zwar vorzugsweise durch den Einbau von 0,05 bis 2 Mol-%, bezogen auf die Summe der eingesetzten Diphenole, an drei- oder mehr als dreifunktionellen Verbindungen, z. B. solchen mit drei oder mehr als drei phenolischen Gruppen.

Bevorzugte Polycarbonate sind neben dem Bisphenol-A-Homopolycarbonat die Copolycarbonate von Bisphenol A mit bis zu 15 Mol-%, bezogen auf die Mol-Summen an Diphenolen, an 2,2-Bis-(3,5-dibrom-4-hydroxyphenyl)-propan und die Copolycarbonate von Bisphenol A mit bis zu 60 Mol-%, bezogen auf die Mol-Summen an Diphenolen, 1,1-Bis-

(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan.

Die Polycarbonate können teilweise oder vollständig durch aromatische Polyesterarbonate ersetzt werden. Die aromatischen Polycarbonate können auch Polysiloxan-Blöcke enthalten. Deren Herstellung wird beispielsweise in der US-A 3 821 325 beschrieben.

- 5 Die eingesetzten Fluorpolymere sind Polymere, bei denen die Wasserstoffatome der Kohlenstoffkette des Polyethylens ganz oder teilweise durch Fluoratome ersetzt sind sowie davon abgeleitete Chlor- bzw. Fluor-Chlor-Derivate und abgeleitete Copolymere.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module ist durch folgenden Aufbau gegeben. Die dem Licht zugewandte Seite besteht aus einer erfindungsgemäßen Verbundfolie. Darunter befindet sich die in
10 ein Polymeres eingebettete Solarzellenschicht. Das Polymere kann z. B. Ethylen-Vinylacetat-Copolymer, Polyurethan oder ein Polysiloxan sein. Bevorzugt wird hier Ethylen-Vinylacetat-Copolymer verwendet. Die Einbettung geschieht bevorzugt so, daß die Solarzellen zwischen zwei Ethylen-Vinylacetat-Copolymer-Folien einlaminieren werden. Darunter befindet sich eine Trägerschicht aus Glas, Metall, Epoxidharzmatten oder Kunststoff. Dabei werden bevorzugt gleichzeitig mit dem Einlaminieren der Solarzellen auch die weiteren Schichten des Photovoltaik-Moduls in einem Herstellungsschritt zum kompletten Modul zusammengefügt. Die Photovoltaik-Module können von einem Rahmen aus Metall oder
15 anderen Materialien eingefast sein. Die Photovoltaik-Module können auch direkt, ohne Trägerschicht, auf anderen Unterlagen, z. B. Flügelrahmen von Segelflugzeugen, liegen.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module ist durch folgenden symmetrischen Aufbau gegeben. Die dem Licht zugewandte Seite besteht aus einer erfindungsgemäßen Verbundfolie. Darunter
20 befindet sich die in ein Polymeres eingebettete Solarzellenschicht. Das Polymere kann z. B. Ethylen-Vinylacetat-Copolymer, Polyurethan oder ein Polysiloxan sein. Bevorzugt wird hier Ethylen-Vinylacetat-Copolymer verwendet. Die Einbettung geschieht bevorzugt so, daß die Solarzellen zwischen zwei Ethylen-Vinylacetat-Copolymer-Folien einlaminieren werden. Darunter befindet sich eine zweite Schicht aus der erfindungsgemäßen Verbundfolie. Die Photovoltaik-Module können von einem Rahmen aus Metall oder anderen Materialien eingefast sein.

- 25 Die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module können eben oder nicht eben sein. Sie sind vorzugsweise nicht eben.

Die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module können auch Bestandteil sogenannter Hybrid-Module sein, mit denen elektrischer Strom und Wärme erzeugt wird.

Die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module können zur stationären und mobilen Stromerzeugung verwendet werden. Die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module können z. B. verwendet werden für Solarfahrzeuge, wie z. B. Solar-Automobile, für Flugzeuge oder Luftschiffe, für Schiffe oder Boote, für Wassermobile oder Wohnwagen, für Spielzeug,
30 für Werbeträger wie z. B. Leuchttafeln, zur Beleuchtung von Fahrplänen, für Parkscheinautomaten, für Beleuchtungssysteme im Trekkingbereich oder im Freizeitbereich, im Bereich der Sicherheitstechnik, für Fassadenmodule, Dachmodule oder für Lärmschutzwand-Module.

- Bei allen genannten Verwendungen können die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module entweder dazu dienen, den gesamten Energiebedarf des entsprechenden Objektes zu decken, d. h. z. B. Energie liefern, die z. B. ein Solar-Automobil zur Fortbewegung benötigt, oder die erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module liefern nur einen Teil des Energiebedarfs der entsprechenden Objekte, z. B. zur Beleuchtung eines Fahrzeuges.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Module kann z. B. nach dem Einbettungsverfahren oder nach dem Gießverfahren erfolgen.

- 40 Als wesentliches Einbettungsverfahren hat sich ein Vakuum laminierungsverfahren unter Verwendung von Ethylenvinylacetat (EVA) als Klebefolie bewährt. Bei diesem Verfahren werden die Photovoltaik-Module in einer Vakuumkammer unter Einwirkung von Unter- und/oder Überdruck bei erhöhter Temperatur zu einem "Laminat" zusammengefügt. EVA schmilzt bei diesem Prozeß und umschließt die Solarzellen allseitig. Nach dem Vernetzungsprozeß sind die Solarzellen weitgehend gegen Feuchtigkeit, Schmutz etc. geschützt. Dabei werden bevorzugt gleichzeitig mit dem Einlaminieren der Solarzellen in die EVA-Schicht auch die weiteren Schichten des Photovoltaik-Moduls in einem Herstellungsschritt zum kompletten Modul zusammengefügt.

- Als Alternative zu diesem Verfahren wurde für die Herstellung großflächiger Module ein Gießverfahren entwickelt. Bei diesem werden die Solarzellen zwischen zwei Deckschichten, z. B. Polycarbonat-Polyvinylfluorid-Verbundfolien, eingelegt. Der Zwischenraum wird z. B. mit einem niedrigviskosen Polyurethanharz oder Polysiloxan ausgegossen. Dieses Verfahren eignet sich auch für die Herstellung von Kleinmodulen. Bei entsprechender Gehäusekonstruktion ist eine
50 optimale Integration möglich.

Beispiele

- 55 Zur Prüfung der Bedruckbarkeit wurden die folgenden Versuche zur Bedruckbarkeit verschiedener Folien durchgeführt:

60

65

Folientyp	Klebstreifentest	Gitterschnittkennwert	
Polycarbonat-Polyvinylfluorid-Verbundfolie (erfindungsgemäß); bedruckt auf der Polycarbonatseite			5
Siebdruckfarbe A	keine Ablösung der Farbe	0	10
Siebdruckfarbe B	keine Ablösung der Farbe	1	
Polyvinylfluorid-Folie (Vergleichsbeispiel)			15
Siebdruckfarbe A	keine Haftung der Farbe	5	
Siebdruckfarbe B	keine Haftung der Farbe	5	20
Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymerfolie (Vergleichsbeispiel)			25
Siebdruckfarbe A	keine Haftung der Farbe	5	
Siebdruckfarbe B	keine Haftung der Farbe	5	30
Polyvinylfluorid-Polyethylen-terephthalat-Polyvinylfluorid-Verbundfolie (Vergleichsbeispiel)			35
Siebdruckfarbe A	keine Haftung der Farbe	5	
Siebdruckfarbe B	Ablösung der Farbe	2	40

Die Bedruckung der Folien erfolgte mit zwei verschiedenen Einkomponenten-Siebdruckfarben:

1. Siebdruckfarbe A (Hochtemperaturfarbe: Noriphan®HTR, Bindemittel Copolycarbonat auf Basis Bisphenol-A und 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3-3-5-trimethylcyclohexan (Handelsname APEC®HT)),
2. Siebdruckfarbe B (Standardfarbe: Jet 200, Firma Pröll, Bindemittel Polyacrylatharz und Cellulosederivate).

Die Bedruckung wurde einmal über einem 100er Gewebe durchgeführt. Es erfolgte eine Hordentrocknung bei Raumtemperatur. Die Prüfung erfolgte 43 Stunden nach Andruck.

Die Gitterschnittprüfung wurde nach DIN 53 151, ISO 2409 durchgeführt.

Die Beurteilung Gitterschnittkennwert 0 ist die beste Beurteilung. Danach erfolgt eine Abstufung bis Gitterschnittkennwert 5 als schlechteste Beurteilung. Die Einstufung Gitterschnittkennwert 0 bis Gitterschnittkennwert 5 erfolgt an Vergleichsbildern gemäß der genannten Norm.

Der Klebstreifentest wird wie folgt durchgeführt. Es wird ein Gitterschnitt durchgeführt, anschließend ein Klebstreifen von 18 mm Breite auf die Farbschicht geklebt, mit einer Gummiwalze mit mittlerem Druck angedrückt und anschließend wird der Klebstreifen gleichmäßig mit mittlerer Geschwindigkeit abgezogen. Beurteilt wird analog der Gitterschnittprüfung.

Zur Prüfung der mechanischen Belastbarkeit wurden die folgenden Versuche durchgeführt:

Der Aufbau der Prüfeinrichtung ist der Zeichnung "Fig. 1" zu entnehmen.

Zur Prüfung der mechanischen Belastbarkeit wurden die folgenden Versuche an Photovoltaik-Modulen durchgeführt.

Beschreibung der Prüfeinrichtung:

Das Prüfgewicht mit einer Masse von 250 Gramm ist drehbar an einem Hebel gelagert. Der Radius an der Unterseite des Prüfgewichtes beträgt 20 mm. Es wird zur Prüfung um einen Betrag x angehoben und im freien Fall auf das zu prüfende Photovoltaik-Modul fallen gelassen.

Die Unterlage ist aus festem Material. Sie ist wechselbar und wird den jeweiligen in Praxis vorliegenden Modul-Befestigungsverhältnissen angepaßt.

Die Höhe des freien Falls ist auf der Skala in Stufen ablesbar.

- Die Schlagfestigkeit wird durch zehnmaliges Fallenlassen des Gewichtes und anschließendem Feststellen des Schadens visuell und durch Messung der elektrischen Kenngrößen des Moduls geprüft.

Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse:

Die Versuche zum Vergleich der Widerstandsfähigkeit der Photovoltaik-Module (eingebettete Solarzellen mit verschiedenen handelsüblichen Deckfolien) wurden durchgeführt mit einem Fallgewicht mit einer Masse von 250 g.

Das Fallgewicht wurde jeweils 10× aus der Höhe A = 10 cm, B = 20 cm, C = 30 cm auf die Probe fallen gelassen.

- Dazu wurde die Probe bei jedem Versuch um 30 mm von der letzten Trefferstelle weggerückt.

Beurteilt wurde, ob die eingebettete Solarzelle zerbrochen war. Im Schadensfalle verschieben sich die Zellenstücke in der Ethylen-Vinylacetat-Copolymer-Schicht in einer Weise, daß der Schaden im Durchlicht sicher erkennbar ist.

Die Tests ergaben:

15	Abdeckung mit Polyvinylfluoridfolie (Tedlar®)	A	3 x i.O. (= in Ordnung) 7 x Bruch
		B	10 x Bruch
20			
	Abdeckung mit Polycarbonatfolie	A	10 x i.O.
		B	1 x Bruch
25			9 x i.O.
		C	10 x Bruch
30			
	Abdeckung mit Polycarbonat-Polyvinyl- fluorid-Verbundfolie (Makrofol® EPC):	A	10 x i.O.
		B	10 x i.O.
35		C	9 x i.O.
			1 x Bruch
40			

Patentansprüche

1. Photovoltaik-Module, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie eine oder mehrere Schichten bestehend aus einer mehrschichten Verbundfolie, die mindestens eine Schicht aus Polycarbonat und mindestens eine Schicht aus einem fluorhaltigen Polymeren enthält, enthalten.
2. Photovoltaik-Module gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mehrschichtige Verbundfolie aus einer Schicht Polycarbonat und einer Schicht aus einem fluorhaltigen Polymer und optional einer Schicht Haftvermittler dazwischen bestehen.
3. Photovoltaik-Module gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mehrschichtige Verbundfolie aus einer Schicht fluorhaltigem Polymer, einer Schicht Polycarbonat, einer Schicht Ethylen-Vinylacetat-Copolymer und optional Haftvermittlerschichten zwischen diesen besteht.
4. Photovoltaik-Module gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Polycarbonatschichten oder die Schichten aus einem fluorhaltigen Polymer oder beide UV-Absorber enthalten.
5. Photovoltaik-Module gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine der mehrschichtigen Verbundfolien die dem Licht zugewandte oberste Schicht des Photovoltaik-Modules bildet.
6. Photovoltaik-Module gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Polycarbonat ein Polycarbonat auf Basis von Bisphenol A ist.
7. Photovoltaik-Module gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Polycarbonat ein Copolycarbonat auf Basis von Bisphenol A und bis zu 60 Mol-% bezogen auf die Mol-Summe der Diphenole an 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan ist.
8. Photovoltaik-Module gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das fluorhaltige Polymer Polyvinylfluorid ist.
9. Photovoltaik-Module gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der mehrschichtigen Verbundfolien bedruckt ist.
10. Verwendung von Photovoltaik-Modulen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 zur stationären oder mobilen

Stromerzeugung.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

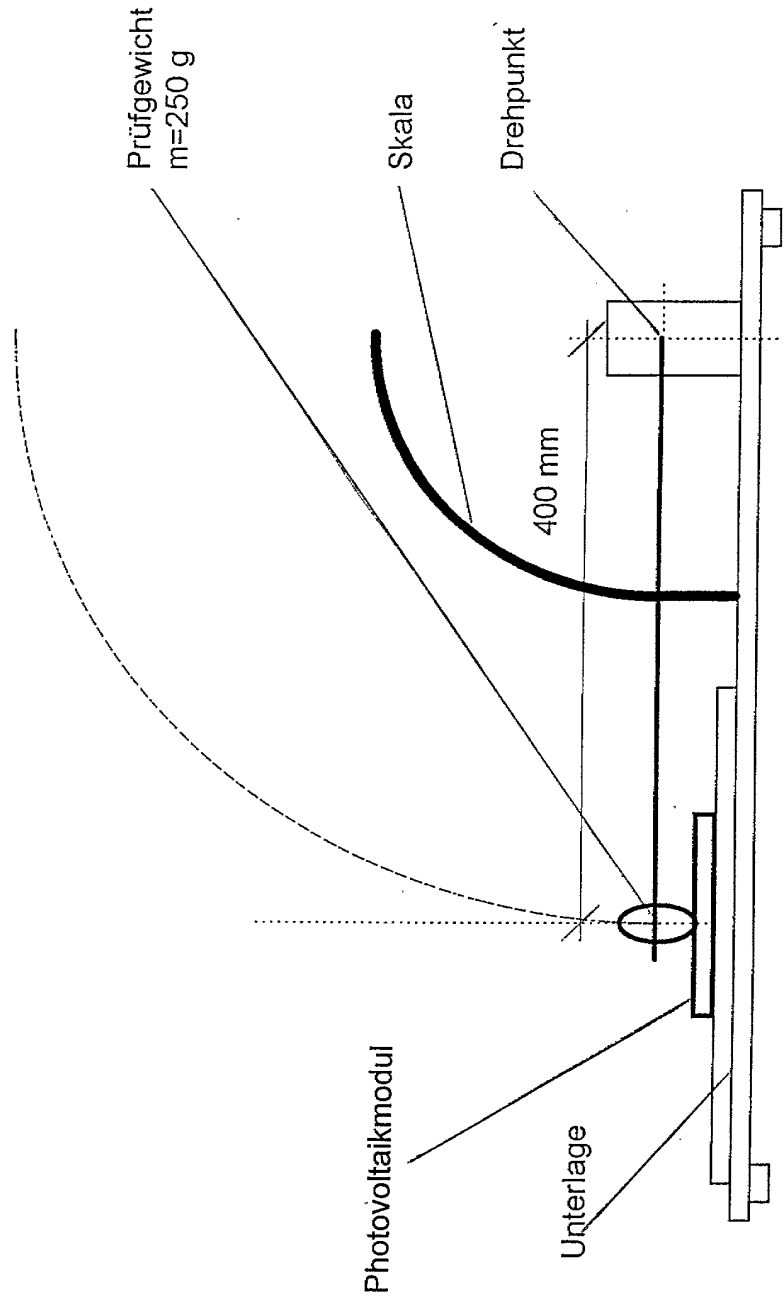


Fig. 1